



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PAVIA  
dipartimento di Fisica e  
INFN sezione di Pavia

via bassi 6, 27100 pavia - tel. 0382987905  
*elio.giroletti@unipv.it*

**Elio GIROLETTI**



Università degli Studi di Pavia  
dipartimento di Fisica



*elio giroletti*

**NOI IRRAGGIATI? ma no! ... o si?**



- Radiazioni ionizzanti
- Effetti delle radiazioni
- Radiazioni naturali
- Radiazioni nella società
- Conclusioni

Pavia, 11 giugno 2014



**LE RADIAZIONI IONIZZANTI**

radiazione: trasporto di energia nello spazio  
direttamente ionizzanti

- particelle cariche (protoni, ioni, ecc.)
- alfa:  $\alpha$
- beta:  $\beta^+$  -  $\beta^-$

indirettamente ionizzanti

- elettromagnetiche: raggi X e gamma
- neutroni



Energia delle radiazioni

- elettromagnetiche,  $E=h\nu$
- corpuscolari:  $T=(\gamma-1)m_0c^2$



**radiazioni non ionizzanti**

le radiazioni emesse da:

- telefoni cellulari
- antenne (radiotelevisive e cellulari)
- linee alta tensione
- risonanza magnetica
- forno a microonde
- ecografia (ultrasuoni)

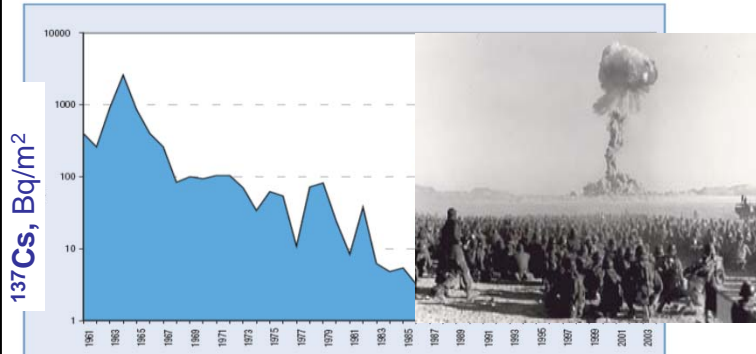
**non** hanno energia sufficiente per ionizzare

**radioprotezione, un po' di storia...**  
*si può cambiare il colore alla pelle?*



V. Forbin, La Nature, boll. *Académie des Sciences*, Parigi, articolo apertura n. 1814 del 1908, Tratto da: Lo sbiancamento dei negri, di R. Renzetti

**radioprotezione, un po' di storia...**  
*fall-out esplosioni nucleari in atmosfera*



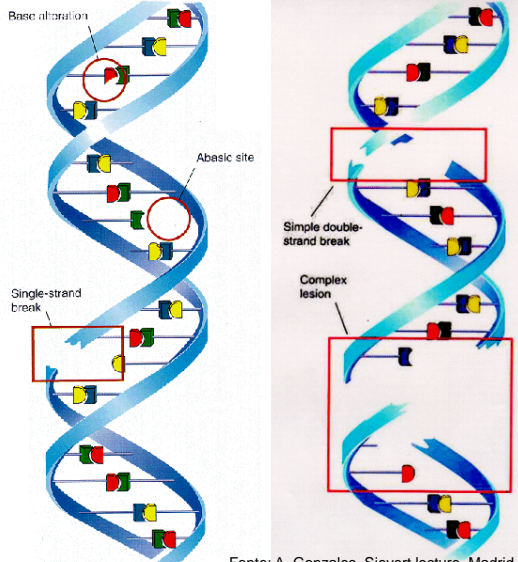
• **1955:** 200 casi di leucemia in superstiti di bombe atomiche

Figura 15.7: Andamento annuale della deposizione totale di Cs-137 in Italia  
 Fonte: ANPA, Stato dell' ambiente, 2004

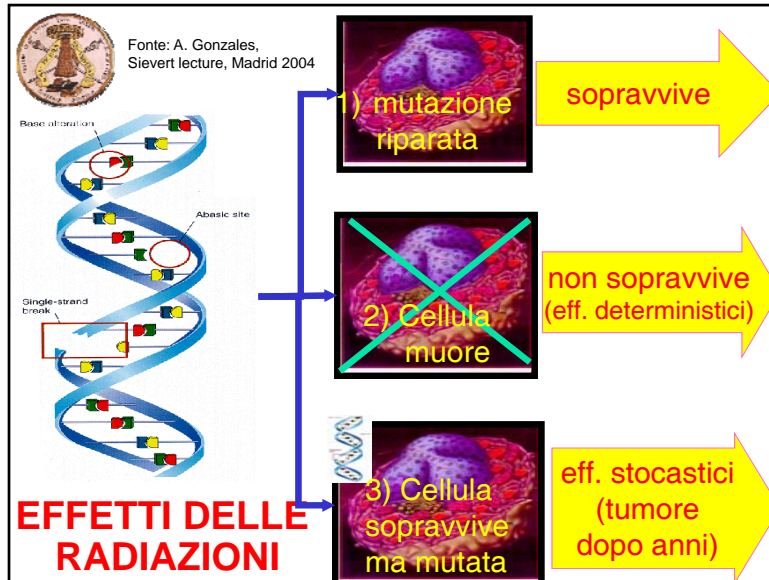
**radioprotezione, un po' di storia...**  
*radioattivo fa bene ....?*




**EFFETTI delle RADIAZIONI IONIZZANTI**



Fonte: A. Gonzales, Sievert lecture, Madrid 2004



## I POSSIBILI EFFETTI

**deterministici (reazioni tissutali):** *frequenza e gravità variano con la dose; esiste una soglia di dose; comprendono: radiodermite, cataratta, sterilità temporanea o permanente, sindrome acuta da raggi, decesso ma anche ... radioterapia*

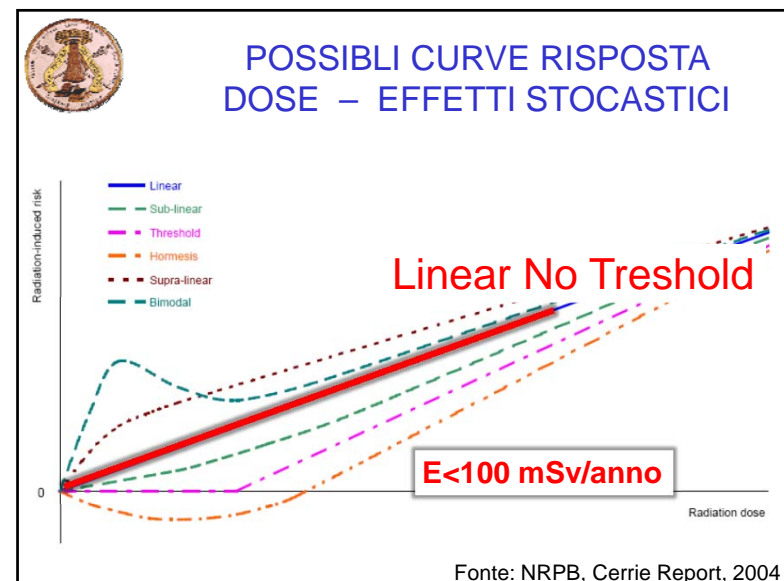
**stocastici (probabilistici):** *la probabilità e non la gravità è proporzionale alla dose; si ipotizza assenza di soglia; distribuiti casualmente tra esposti; insorgono naturalmente tra la popolazione (>20%); appaiono dopo anni; comprendono: leucemie, tumori solidi e malattie ereditarie nella progenie*

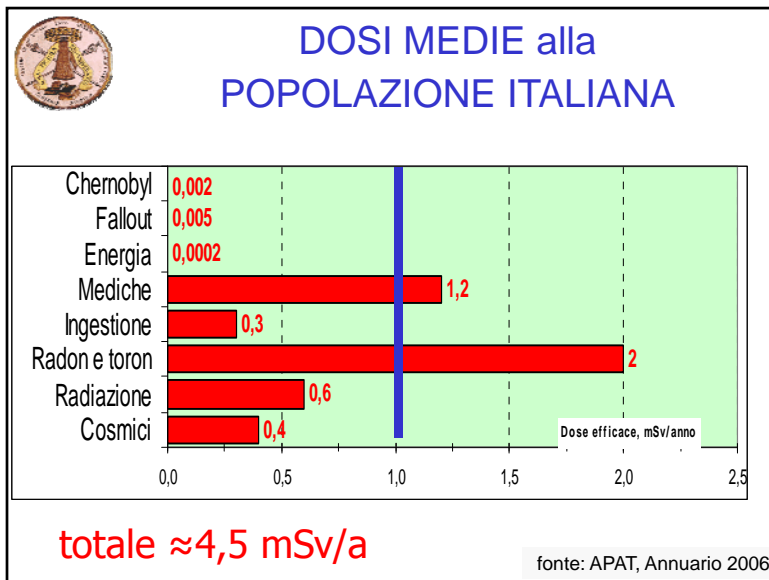
## Effetti deterministici

Atrophic indurated plaque      Hyper & hypo pigmentation, with telangiectasia

(REPORTED BY E. VANO, 1997)

Chronic radiodermatitis in 17 year old female patient after x2 radiofrequency ablation procedures





### famiglie radioattive naturali

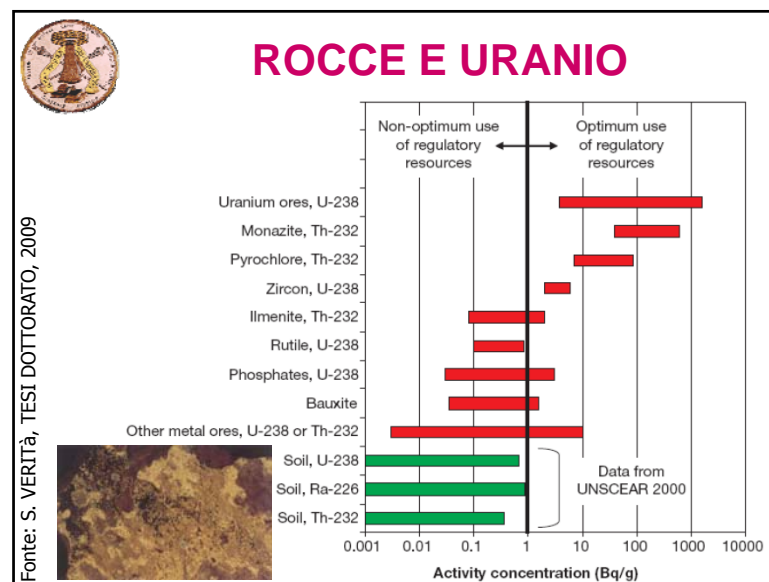
- famiglia del torio, Th-232 (4n)
- famiglia dell' uranio, U-238 (4n+2)
- famiglia dell' attinio, U-235 (4n+3)
- hanno in comune:
  - capostipite: elemento a vita molto lunga
  - ultimo: sempre un isotopo del piombo
  - elemento gassoso: isotopo del radon:
    - famiglia torio: Rn-220, toron
    - famiglia uranio: Rn-222, radon
    - famiglia attinio, Rn-219, attinon

### RADIAZIONE ALFA ( $\alpha$ )

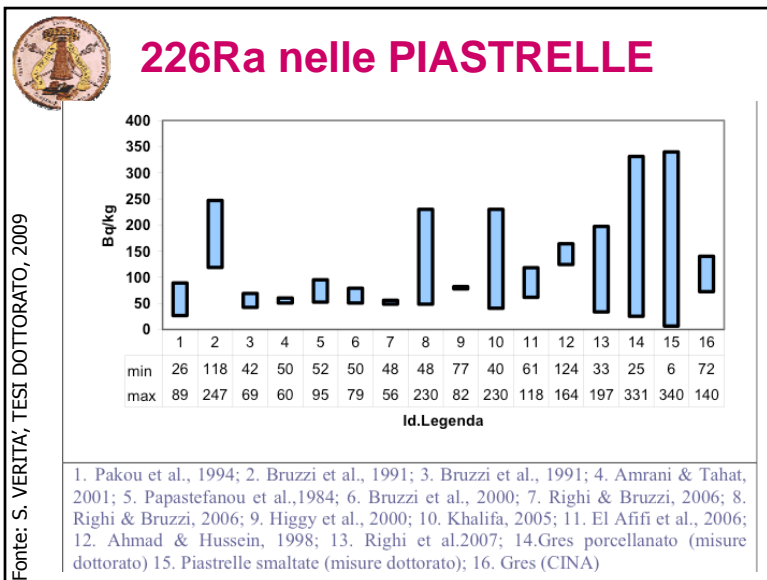
${}^{226}_{88}\text{Ra} \rightarrow {}^{222}_{86}\text{Rn} + {}^4_2\text{He}^{++} + \dots$

$w_R = 20$

esempio:  ${}^{226}_{88}\text{Ra} \rightarrow {}^{222}_{86}\text{Rn} + \alpha (100\%)$







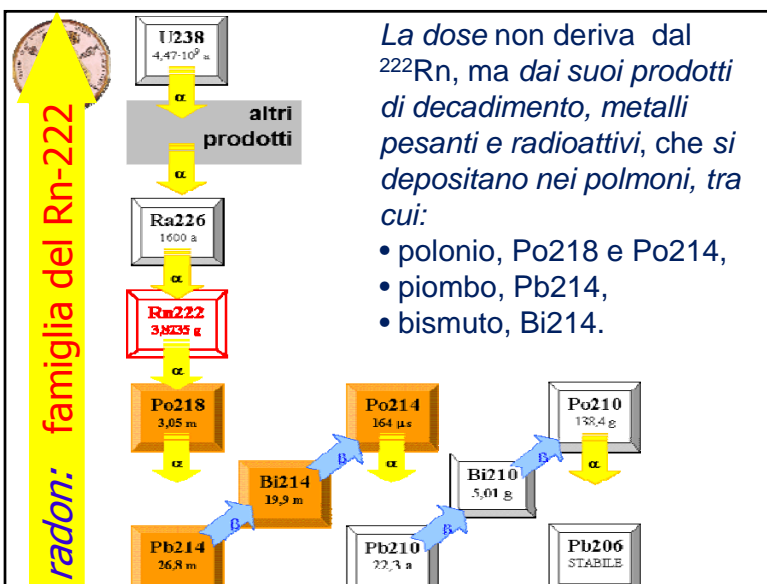
### LIMITI PER I MATERIALI DA COSTRUZIONE

Criterio di dose	0,3 mSv anno <sup>-1</sup>	1 mSv anno <sup>-1</sup>
Materiale strutturale	$I \leq 0,5$	$I \leq 1$
Materiale di rivestimento	$I \leq 2$	$I \leq 6$

$$I\gamma = \frac{C_{226Ra}}{300} + \frac{C_{232Th}}{200} + \frac{C_{40K}}{3000}$$

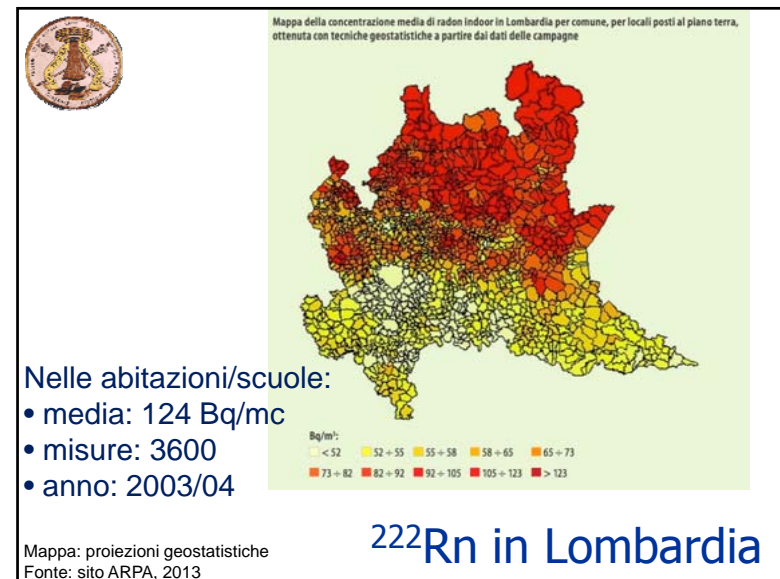
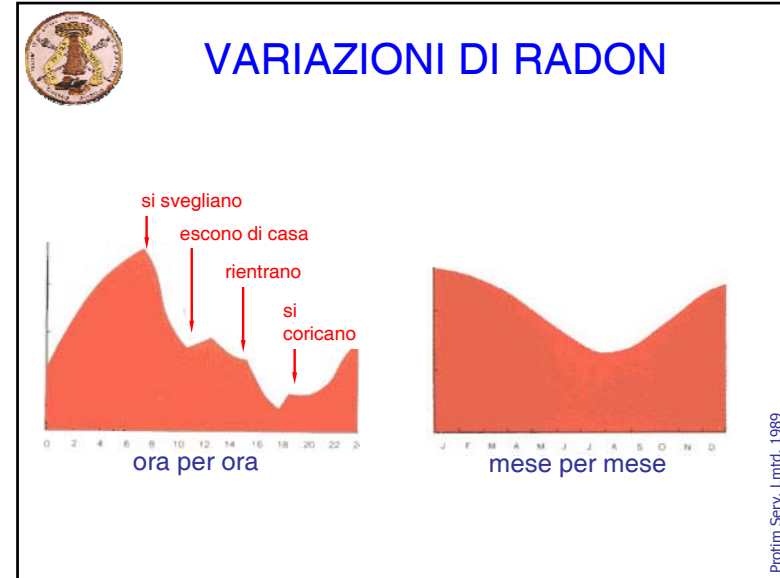
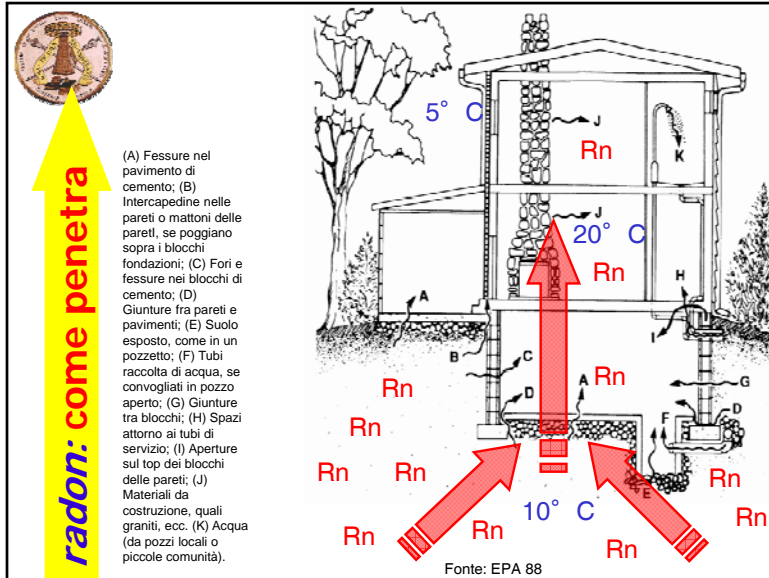
C = concentrazioni, in Bq/kg

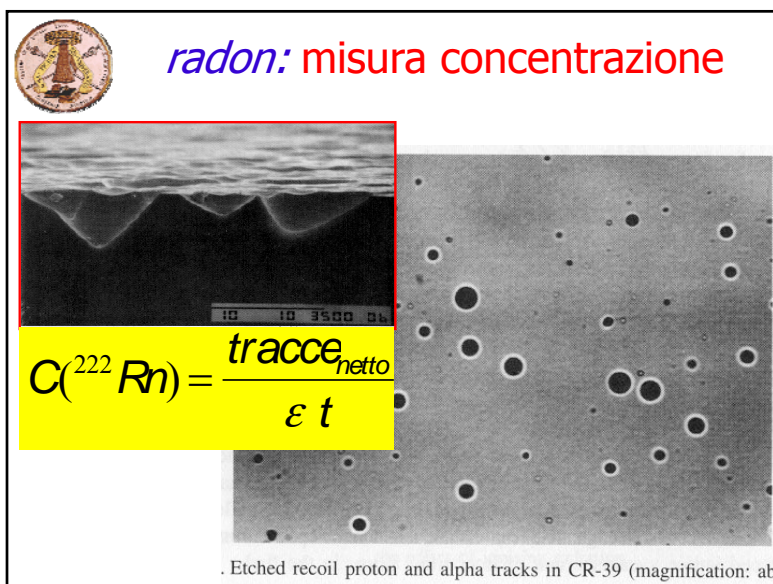
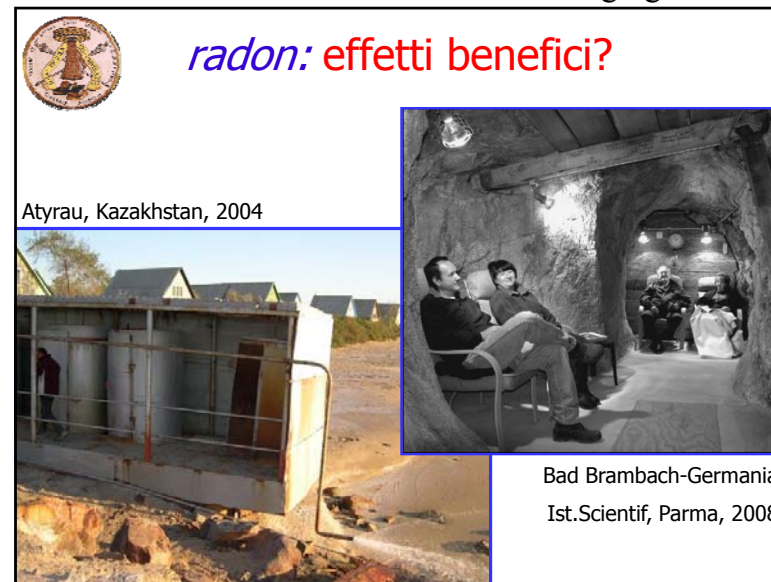
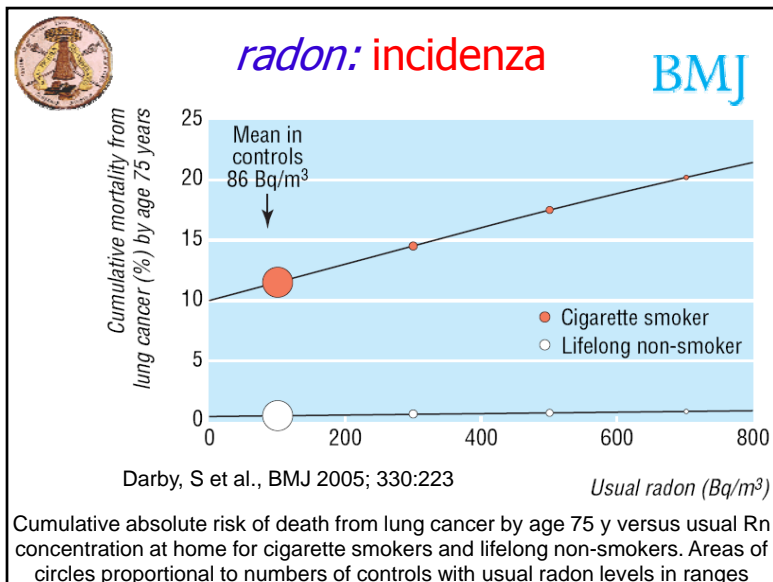
UE, RP 112, 1999 e Direttiva 2013/59/Euratom



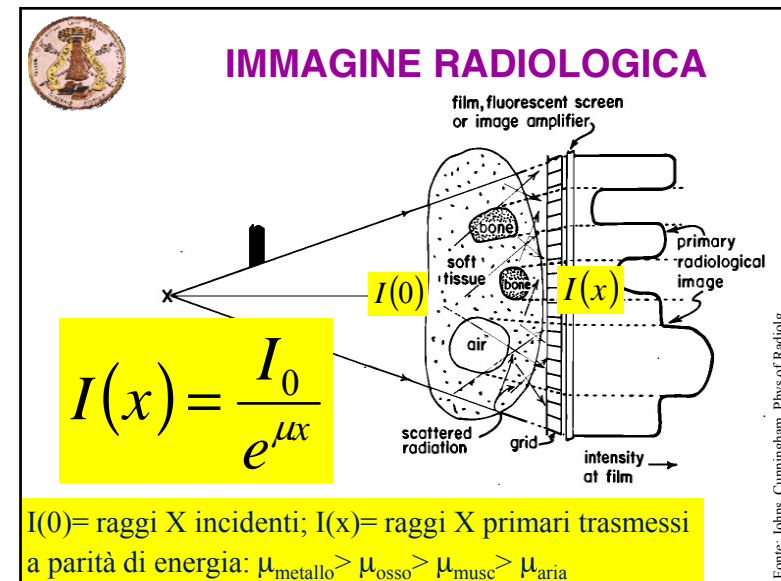
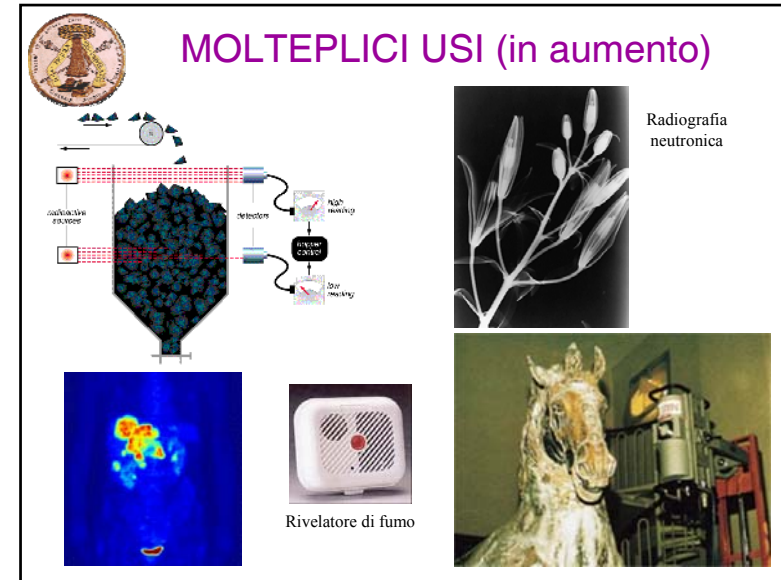
### radon: i polmoni

- bronchi: 23 generazioni
- superficie albero bronchiale: 0,4 m<sup>2</sup>
- condotti respiratori: 14 milioni
- alveoli: 300 milioni
- interfaccia aria/tessuto: 75 m<sup>2</sup>
- volume aspirato: 23 m<sup>3</sup>/giorno
  - a riposo: 3,6 l/min
  - attività leggera: 9,6
  - altre attività: 14,6











Fonte: NCRP133 - 2002

Image Intensifier Tube

il mezzo di contrasto (bario)

- non è radioattivo
- ai raggi X è più opaco del tessuto

ANGIOGRAFIA DEL POLMONE

ANGIOGRAFIA DELL'ENCEFALO

$$I(x) = \frac{I(0)}{e^{\mu x}}$$

a parità di energia:  $\mu_{\text{mezzo contrasto}} > \mu_{\text{muscolo}}$

**Radiografia/scopia con mezzo contrasto**

TAC spirale

TAC Tomografia Assiale Computerizzata

Figura da Brenner et al., N Engl J Med 2007;357:2277-84.

MEDICINA NUCLEARE

si iniettano atomi radioattivi legati a molecole che si concentrano nelle cellule patologiche da dove irradiano ....

Fonte: cd-rom Regione Piemonte 2000; wikipedia 2013

PET ... antimateria in ospedale!

Anello di rivelatori

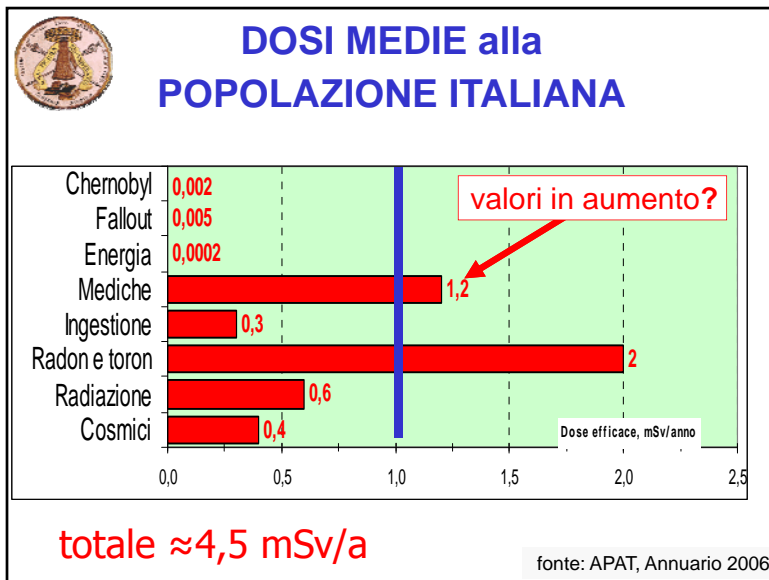
$^{18}\text{F}$

511KeV

511KeV

~1-2mm

positron discovered by C.D. Anderson (1932) and theorized by P. Dirac (1928)



### DOSI in radiodiagnostica

tipo di esame (precedura) anno 2006	Dose efficace mSv	Dose proced/ DoseRxTorace PA, n.rel.
Ortopantomografia	0,01	0,5
Singola radiografia al torace, PA	0,02	1
Densitometria ossea	0,03	1,5
Cranio	0,05	3
Procedura radiografica torace	0,14	7
Mammografia	0,32	16
Addome	0,75	38
Rachide lombare	0,94	47
Pelvi e anca	1,04	52
Rachide in toto	1,52	76
TC rachide	1,58	79
Tratto gastrointestinale superiore	2	100
TC testa	2,25	113
Urografia	2,9	145
Tratto gastrointestinale Inferiore	4,09	205
Radiologia interventistica	7,59	380
Radiologia interventistica	8,2	410
TC altre	8,33	417
TC Torace	8,9	443
Radiol. interventistica cardiologica	11,37	569
TC Pelvi	14,1	705
TC addome	16	802

dosi tratte da Padovani et al., pubblicaz. interna, (2008)



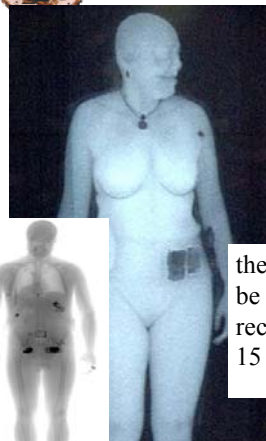
### RADIOATTIVITÀ NEL CORPO UMANO

Radionuclidi naturali	Attività [Bq]
K-40 ( $T_{1/2} = 1,27E9$ a)	4.500
C-14 ( $T_{1/2} = 5400$ a)	3.800
Rb-87 ( $T_{1/2} = 48,8E9$ a)	650
Pb-210, Bi-210, Po-210	60
figli del Rn-220	30
H-3 ( $T_{1/2} = 13$ a)	25
Be-7 (53,2 g)	25
Altri	7
<b>TOTALE</b>	<b><math>\sim 9.120</math> Bq</b>

A. Romer, marzo 2004



## BODY SCANNER



### ANSI N43.17 & NCRP Dose Limits

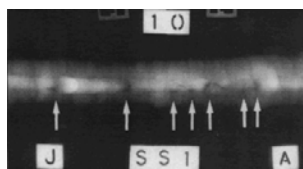
- 0.1  $\mu\text{Sv}$  effective dose/scan
- 0.25 mSv effective dose/year (backscatter or absorption technol.)

the dose from an airport soft X-ray scanner can be  $\approx 0.02 \mu\text{Sv}$  - this is just the external dose received by an air traveller flying at 10,000 m in 15 s!

fonte: HPA, UK, 2010



## radiografia industriale



## RADIOGRAFIA DEI CIRCUITI



## RADIOGRAFIA DEI CIBI







## ora ...un confronto IN EUROPA

sorgente	decessi stimati/anno
radon (+)	1500 – 5000
esami medici inutili (*)	500 - 800
antenne - elettrodotti	<5

### quale priorità?

(+) fonte: Min.Salute 2002; (\*) ipotizzando una possibile riduzione della dose media annua pari a 0,26 mSv attraverso i programmi di qualità radiologica (20% delle dosi impartite in radiodiagnostica -1,3 UNSCEAR 2000-)

Università degli Studi di Pavia  
dipartimento di Fisica



*elio giroletti*

**NOI IRRAGGIATI? ma no! ... o si?**



*Thanks*  
...FOR YOUR INTEREST!

[elio.giroletti@unipv.it](mailto:elio.giroletti@unipv.it)

Pavia, 11 giugno 2014